

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2004年10月7日 (07.10.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/085093 A1

(51)国際特許分類⁷:

B21H 3/02, 3/04, 3/06

(74)代理人: 加藤久 (KATO, Hisashi); 〒8120013 福岡県福岡市博多区博多駅東1丁目11-5 アサコ博多ビル1102号 Fukuoka (JP).

(21)国際出願番号:

PCT/JP2004/003788

(81)指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22)国際出願日:

2004年3月19日 (19.03.2004)

(84)指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25)国際出願の言語:

日本語

(26)国際公開の言語:

日本語

(30)優先権データ:

特願2003-081247 2003年3月24日 (24.03.2003) JP
特願2003-352624 2003年10月10日 (10.10.2003) JP

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

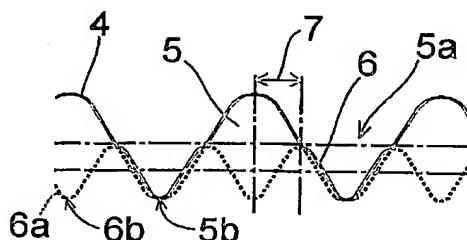
(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社産学連携機構九州 (KYUSHU TLO COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号 Fukuoka (JP).

(72)発明者; および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 竹増光家 (TAKEMASU, Teruie) [JP/JP]; 〒8140031 福岡県福岡市早良区南庄3-28-5-303 Fukuoka (JP). 宮原洋 (MIYAHARA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒8110215 福岡県福岡市東区高美台4-37-12 Fukuoka (JP).

(54)Title: METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURING BOLT, SCREW ROLLING DIE USED THEREFOR, AND MULTIPLE SCREW BOLT

(54)発明の名称: ボルトの製造方法および製造装置並びにこれに用いる螺子転造ダイス並びに多重螺子ボルト



threads according to the phase shift of the fine screw threads (6a) shown by imaginary lines formed by expanding a fine screw from the coarse screw threads.

(57)要約: いわゆる二重螺子ボルトのような多重螺子ボルトを、より低単価で大量生産することが可能なボルトの製造方法および製造装置並びにこれに用いる螺子転造ダイスを提供する。所定間隔で対向配置した一对の螺子転造ダイス (1) と、円柱状のボルト材料 (3) を所定位置で支持するボルト支持部 (2) とを備えるボルトの製造装置である。螺子転造ダイス (1) は、並目螺子を展開した並目螺子山 (5) と並目螺子山部 (5) と、細目螺子を展開した想像線 (6a) で示す細目螺子山 (6a) の一部である突起 (6) とからなる転写パターン (4) を備える。

(57) Abstract: A method and a device for manufacturing bolts capable of mass-producing multiple screw bolts such as double screw bolts at low cost and a screw rolling die used therefor, the bolt manufacturing device comprising a pair of screw rolling dies (1) disposed opposite to each other at a specified interval and bolt supporting parts (2) supporting a cylindrical bolt material (3) at specified positions. The screw rolling dies (1) further comprise transfer patterns (4) having coarse screw thread ridge parts (5) as a part of the coarse screw threads formed by expanding a coarse screw and projections (6) as a part of fine screw threads (6a) cyclically formed at the thread root parts (5a) of the coarse screw

10 1549898

JC17 Rec'd PCT/PTO 20 SEP 2005

1 明細書

ボルトの製造方法および製造装置並びにこれに用いる螺子転造ダイス並びに多重螺子ボルト

5

技術分野

本発明は、緩み防止機能を有するボルトの製造方法および製造装置並びにこれに用いる螺子転造ダイス並びに多重螺子ボルトに関する。

10 背景技術

近年、緩み防止機能を有する種々のボルトおよびその製造方法が研究・開発されている。例えば、国際公開第02/077466号パンフレット（以下、「特許文献1」と称す。）に記載のボルトは、ボルト軸部の先端部から所定部まで形成されたピッチPの並目螺子部と、少なくともボルト軸部の並目螺子部の全長もしくは先端部から並目螺子部の所定部まで並目螺子部に重ねて形成されたピッチp（ $p = P / n$ ，nは2以上の整数）の細目螺子部とを備える構成である。

このボルト（いわゆる二重螺子ボルト）では、ボルトの並目螺子部に並目ナットを螺合させた後、細目螺子部に細目ナットをこの並目ナットに重ねて螺合させて、ボルトおよび両ナット間を締結させることができる。この際、細目ナットと並目ナットのピッチが異なるので、両者が一体になって同一方向に回転すると、両ナット間の接触面（座面）に反発力が働き、並目ナットが緩み方向に回転するのを防止することができる。

また、特許文献1には、この二重螺子ボルトの製造方法についても記載されている。その製造方法は、まず、ボルト軸部の先端部から所定部まで切削によりピッチPの並目螺子部を形成し、その後、少なくともボルト軸部の並目螺子部の全長もしくはボルト軸部の先端から並目螺子部の所定部まで並目螺子部に重ねて、ピッチp

の細目螺子部を切削により形成するというものである。

発明の開示

- 上記のように、まず、並目螺子部を切削により形成し、その後、この並目螺子部
5 に重ねて細目螺子部を切削により形成する場合、1個の二重螺子ボルトを製造する
ために、切削工程を2回行わなければならない。さらに、1回目の切削により形成
された並目螺子部に重ねて2回目の切削を行って細目螺子部の形成を行うと、重ね
て切削した部分に返りが生じてしまう。そのため、この返りをワイヤブラシ等によ
って除去する工程が必要となる。
- 10 また、特許文献1には、並目ダイスと細目ダイスを用いて一工程の転造により二
重螺子ボルトを製造することについて言及されているが、この特許文献1に記載の
ように、並目ダイスと細目ダイスを一定間隔を挟んで対向して配置し、この並目ダ
イスと細目ダイスとの間にボルト軸部を入れて転造を行っても、実際には二重螺子
ボルトを製造することは不可能である。これは、一方のダイス（並目・細目）によ
15 り転造した螺子山を、他方のダイス（細目・並目）により壊すことになるからであ
る。

さらに、特許文献1には、並目螺子山と細目螺子山とが一体に形成されたダイス
を用いても同様に実施可能であるという記載があるが、特許文献1には、並目螺子
山と細目螺子山を具体的にどのようにして一体に形成すればよいのか記載されて
20 いない。並目螺子山と細目螺子山とが一体に形成されたダイスという記載は一見正
しいように思われるが、実際に並目螺子山と細目螺子山とを一つのダイス上に一
体に形成することはできず、この特許文献1の記載からだけでは、二重螺子ボルトを
製造することは不可能である。

このように、特許文献1に記載の二重螺子ボルトは、実際には切削により製造す
25 るしか方法がない。ところが、上記のように切削による製造方法では、通常のボル
トよりも製造工程が多くなるため、製造コストが極めて高く、二重螺子ボルトの単

価は非常に高いものとなっている。

そこで、本発明においては、いわゆる二重螺子ボルトのような多重螺子ボルトを、より低単価で大量生産することが可能なボルトの製造方法および製造装置並びにこれに用いる螺子転造ダイスを提供することを目的とする。

5 上記課題を解決するため、本発明の螺子転造ダイスは、並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、細目螺子を展開した細目螺子山と前記並目螺子山との位相ずれに応じて前記並目螺子山の谷部に周期的に形成された前記細目螺子山の一部とを備えたものである。本発明のボルトの製造装置は、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造装置において、前記螺子転造ダイスのうち少なくとも一つを上記本発明の螺子転造ダイスとしたものである。本発明のボルトの製造方法は、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造方法において、螺子転造ダイスのうち少なくとも一つを上記本発明の螺子転造ダイスとするものである。

10

本発明のボルトの製造方法および製造装置によれば、螺子転造ダイス上に形成された並目螺子山の一部および細目螺子山の一部によりボルト材料が押圧され、螺子転造ダイス上の並目螺子山の一部によりボルト材料の外周表面上に並目螺子山の一部が、螺子転造ダイス上の細目螺子山の一部によりボルト材料の外周表面上の並目螺子山の一部に細目螺子山の一部が、一工程で一度に転写される。これにより、並目螺子山の一部と細目螺子山の一部とが形成された、いわゆる二重螺子を備えたボルトが得られる。

15

ここで、並目螺子とは、直径とピッチとの組み合わせが一般的で最も普通に使用されている螺子をいう。また、細目螺子とは、並目螺子に比べて直径に対するピッチの割合が細かく、谷が浅い螺子をいう。本発明の螺子転造ダイスに係る細目螺子山のピッチは、並目螺子山のピッチ以下であればよい。また、それぞれの螺子山の形状は、三角螺子、台形螺子、角螺子、鋸歯螺子、丸螺子、ポール螺子やその他の特殊螺子などのいずれでもよく、任意に組み合わせることも可能である。

20

25

なお、本明細書中においては、つる巻き線の方向は一致するが、ピッチの異なる二つ以上の螺子山を同軸上に持つ、円筒体または円錐体のことを多重螺子という。多重螺子は、ピッチの異なる螺子山の数が2の場合、二重螺子、3の場合、三重螺子、4の場合、四重螺子、……、nの場合、n重螺子と呼ぶ。多重螺子は、その
5 最も大きなピッチの螺子山と最も小さなピッチの螺子山の比をa対nとするとき（aとnは最小の整数比）、大きなピッチの螺子山のピッチaごとにその多重螺子の螺子山の形状は周期的に変化する。

二重螺子ボルトを製造する場合、螺子転造ダイスは、並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、この並目螺子山の谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち並
10 目螺子よりもピッチの小さい細目螺子（但し、並目螺子と細目螺子のピッチの比はa対bであり、aとbは最小の整数比である。）を展開したときに並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山のb巻きごとに周期的に現れる細目螺子山の一部と
を有するものとする。

また、螺子転造ダイスが、さらに、並目螺子山の一部および細目螺子山の一部に
15 より形成される谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち細目螺子よりもさ
らにピッチの小さい最細目螺子（但し、並目螺子と細目螺子と最細目螺子のピッチ
の比はa対b対cであり、aとbとcは最小の整数比である。）を展開したときに並目螺子山の一部および細目螺子山の一部との位相ずれに応じて並目螺子山のc巻きごとに周期的に現れる最細目螺子山の一部を有するものとすることで、並目螺
20 子山の一部と細目螺子山の一部と最細目螺子山の一部とが形成された三重螺子ボ
ルトを製造することが可能である。

さらに、n重螺子ボルトを製造する場合、螺子転造ダイスは、並目螺子を展開し
た並目螺子山の一部と、この並目螺子山の谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線
を持ち並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる一つまたは複数の細目
25 螺子（但し、並目螺子と一つまたは複数の細目螺子のピッチの比はa対…対n
であり、a, …, nは最小の整数比である。）をそれぞれ展開したときに並目螺

子山との位相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山の一部とを有するものとする。これにより、並目螺子山の一部と複数の細目螺子山それぞれの一部とが形成された多重螺子ボルトを製造することが可能である。

- 5 ここで、細目螺子山のうち最もピッチの小さい細目螺子山の一部が、細目螺子を展開したときの谷底が並目螺子山の谷底よりも高い位置となるように細目螺子を展開したときに、並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるものとすれば、転造の際、転がりピッチ円径が、細目螺子を展開したときの谷底部分において谷底を高くした分の約半分ボルト材料の内側に移動する。これにより、加工終期における転がりピッチ円径の変動が減少し、ボルト材料の回転
10 中心位置の変動が軽減される。

- また、このとき、細目螺子を展開したときの谷底は、並目螺子山の谷底よりも標準規格の細目螺子山高さの 5 ~ 50 %高い位置とするのが望ましい。この範囲であれば、加工中のびびり振動および騒音を有效地に減少することができる。なお、5 %
15 より小さい場合、谷底高さを変化させることによるびびり振動および騒音の改善はほとんど見られない。一方、50 %を超えると、転造により製造された多重螺子ボルトの細目螺子山の高さが、標準規格の細目螺子山の有効径よりも小さくなってしまうため、この多重螺子ボルトの細目螺子山への掛かりが小さくなる。

- また、螺子転造ダイスが、細目螺子山の一部の谷底にさらに切り込んだ深い溝を備えたものとすることで、多重螺子ボルトを転造する際、この深い溝がダッシュポットの役目を果たし、螺子転造ダイスの溝部へボルト材料が完全に充填されなくとも、標準規格の細目螺子寸法を有する多重螺子ボルトを製造することができる。また、完全充填されないことによって、完全充填が一つの要因となって発生する加工終期のびびり振動を抑制することができる。

- 25 また、このとき、溝は、標準規格の細目螺子山高さの 3 ~ 10 %の深さとすることが望ましい。この範囲であれば、ダッシュポットの役目を十分に發揮することができます。

でき、完全な形状の細目螺子山を有する多重螺子ボルトを製造することができるとともに、加工終期のびびり振動を十分に抑制することができる。なお、3%より小さい場合、溝を設けたことによる改善はほとんど見られない。一方、10%を超えると、溝が深すぎて、多重螺子ボルトの細目螺子山形状に影響を及ぼす可能性がある。

5 る。

ここで、本発明の螺子転造ダイスが、丸ダイス上に並目螺子山の一部および細目螺子山の一部を形成したものであれば、この螺子転造ダイスを所定間隔で配置してそれぞれ同一方向に回転させ、この螺子転造ダイス間にボルト材料を押圧させることにより、二重螺子ボルトを製造することができる。

10 また、本発明の螺子転造ダイスが、平ダイス上に並目螺子山の一部および細目螺子山の一部を形成したものであれば、この螺子転造ダイスを所定間隔で配置し、一方を固定して他方を平行移動させるか、または互いに逆方向に平行移動させ、この螺子転造ダイス間にボルト材料を押圧させることにより、二重螺子ボルトを製造することができる。

15 なお、本発明の螺子転造ダイスは、所定間隔で配置する複数の螺子転造ダイスのうち少なくとも一つ配置すればよいが、すべての螺子転造ダイスを本発明の螺子転造ダイスとすることも可能である。螺子転造ダイスのうち一つを本発明の螺子転造ダイスとする場合、他の螺子転造ダイスは並目螺子のみを展開した通常の並目螺子ダイスとする。また、ロータリープラネットリ方式のボルトの製造方法または製造装置20 に適用する場合、本発明の螺子転造ダイスは丸ダイスまたはセグメントダイスのいずれか一方に適用すればよく、両方に適用してもよい。

本発明によれば、以下の効果を奏することができる。

(1) 並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、細目螺子を展開した細目螺子山と並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の谷部に周期的に形成された細目螺子山の一部とを備えた螺子転造ダイスを少なくとも一つ配置し、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造する構成により、螺子転造ダイス上に形成された並目

螺子山の一部および細目螺子山の一部によりボルト材料が押圧され、このボルト材料の外周表面上に並目螺子山の一部と細目螺子山の一部とが一工程で一度に転写されるため、並目螺子山の一部と細目螺子山の一部とが形成された、いわゆる二重螺子を備えたボルトを切削よりも低単価で大量生産することが可能となる。

5 (2) 並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、この並目螺子山の谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち並目螺子よりもピッチの小さい細目螺子（但し、並目螺子と細目螺子のピッチの比は a 対 b であり、 a と b は最小の整数比である。）を展開したときに並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の b 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山の一部とを有する螺子転造ダイスを少なくとも一つ配置
10 し、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造する構成により、螺子転造ダイス上に形成された並目螺子山の一部および細目螺子山の一部によりボルト材料が押圧され、このボルト材料の外周表面上に並目螺子山の一部と細目螺子山の一部とが一工程で一度に転写されるため、並目螺子山の一部と細目螺子山の一部とが形成された、いわゆる二重螺子ボルトを切削よりも低単価で大量生産することが可能と
15 なる。

(3) さらに、並目螺子山の一部および細目螺子山の一部により形成される谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち細目螺子よりもさらにピッチの小さい最細目螺子（但し、並目螺子と細目螺子と最細目螺子のピッチの比は a 対 b 対 c であり、 a と b と c は最小の整数比である。）を展開したときに並目螺子山の一部および細目螺子山の一部との位相ずれに応じて並目螺子山の c 巻きごとに周期的に現れる最細目螺子山の一部を有する螺子転造ダイスを少なくとも一つ配置し、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造する構成により、螺子転造ダイス上に形成された並目螺子山の一部、細目螺子山の一部および最細目螺子山の一部によりボルト材料が押圧され、このボルト材料の外周表面上に並目螺子山の一部と細目螺子山の一部と最細目螺子山の一部とが一工程で一度に転写されるため、並目螺子山の一部と細目螺子山の一部と最細目螺子山の一部とが形成された、いわゆる三重螺子ボ

ルトを切削よりも低単価で大量生産することが可能となる。

(4) 並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、この並目螺子山の谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる一つまたは複数の細目螺子（但し、並目螺子と複数の細目螺子のピッチの比は a 対・・・対 n であり、a, ···, n は最小の整数比である。）をそれぞれ展開したときに並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山の一部とを有する螺子転造ダイスを少なくとも一つ配置し、螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造する構成により、螺子転造ダイス上に形成された並目螺子山の一部および複数の細目螺子山の一部によりボルト 10 材料が押圧され、このボルト材料の外周表面上に並目螺子山の一部と複数の細目螺子山それぞれの一部とが一工程で一度に転写されるため、並目螺子山の一部と複数の細目螺子山それぞれの一部とが形成された、いわゆる多重螺子ボルトを切削よりも低単価で大量生産することが可能となる。

(5) 細目螺子山のうち最もピッチの小さい細目螺子山の一部が、細目螺子を展開したときの谷底が並目螺子山の谷底よりも高い位置となるように細目螺子を展開したときに、並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるものであることにより、転造の際の加工終期における転がりピッチ円径の変動が減少し、ボルト材料の回転中心位置の変動が軽減される。これにより、螺子転造ダイスの溝部への材料充填率がより均等に近くなり、びびり振動を大幅に抑制することができる。

(6) 螺子転造ダイスが、細目螺子山の一部の谷底にさらに切り込んだ深い溝を備えたことにより、多重螺子ボルトを転造する際、螺子転造ダイスの溝部へボルト材料が完全に充填されなくても、螺子転造ダイスの細目螺子山高さの細目螺子山を有する多重螺子ボルトを製造することができる。また、完全充填されないことによつて、完全充填が一つの要因となって発生する加工終期のびびり振動を抑制することができる。

(7) 本発明の螺子転造ダイスを用いた転造により得られた二重螺子ボルトは、並目螺子山と細目螺子山との境界部の先端形状が滑らかな曲率となり、切削により製造した二重螺子ボルトのように並目螺子山と細目螺子山との境界部にエッジが発生することがない。

5

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1実施形態における二重螺子ボルトの製造装置を示す概略図である。図2は図1の螺子転造ダイスを示す斜視図である。図3は図2の螺子転造ダイスの外周の転写パターンの一部を平面に展開した図である。図4Aは図3のA-A線断面図である。図4Bは図3のB-B線断面図である。図4Cは図3のC-C線断面図である。図4Dは図3のD-D線断面図である。図4Eは図3のE-E線断面図である。図4Fは図3のF-F線断面図である。図5Aは図4Aの一部拡大図である。図5Bは図4Dの一部拡大図である。図6Aは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Aに対応する一部拡大図である。図6Bは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Bに対応する一部拡大図である。図7Aは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Aに対応する一部拡大図である。図7Bは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Bに対応する一部拡大図である。図8Aは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Aに対応する一部拡大図である。図8Bは修正を加えた螺子転造ダイスの図5Bに対応する一部拡大図である。図9は本発明の第2実施形態における二重螺子ボルトの製造装置を示す概略図である。図10A、図10B、図10C、図10D、図10E、図10Fは、本発明の第3実施形態における三重螺子ボルト用の螺子転造ダイスの断面図である。図11A、図11B、図11C、図11D、図11E、図11F、図11G、図11Hは、図3のA-A線断面での材料流動の様子を示した図である。図12A、図12B、図12C、図12D、図12E、図12F、図12G、図12Hは、図3のB-B線断面での材料流動の様子を示した図である。図13A、図13B、図13C、図13D、図13E、図13F、図13G、図13Hは、図3

のD-D線断面での材料流動の様子を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

(実施の形態1)

5 図1は本発明の第1実施形態における二重螺子ボルトの製造装置を示す概略図、図2は図1の螺子転造ダイス1を示す斜視図である。

図1に示すように、本実施形態における二重螺子ボルトの製造装置は、所定間隔で対向配置した一対の螺子転造ダイス1と、円柱状のボルト材料（以下、「ワーク」と称す。）3を所定位置で支持するボルト支持部2とを備える。また、図2に示す10ように、螺子転造ダイス1は、円筒形のダイス（丸ダイス）の外周に二重螺子ボルト形成用の転写パターン4を形成したものである。

図3は図2の螺子転造ダイス1の外周の転写パターン4の一部を平面に展開した図、図4A、図4B、図4C、図4D、図4E、図4Fは、それぞれ図3のA-A線断面図、B-B線断面図、C-C線断面図、D-D線断面図、E-E線断面図、15F-F線断面図である。

図3に示すように、螺子転造ダイス1の外周には、製造する二重螺子ボルトに対応する転写パターン4が1周につき16個分繰り返して形成されている。螺子転造ダイス1の外径は173.987mmであり、二重螺子ボルトは呼び径M12で並目螺子ピッチ1.75mm、細目螺子ピッチ0.875mmである。したがって、20二重螺子ボルト1個分の転写パターン4は、螺子転造ダイス1の外周1周360°のうち22.5°の範囲に形成されることになる。図3のA-A線、B-B線、C-C線、D-D線、E-E線、F-F線は、それぞれ3.75°間隔で設けたものである。

図4A～図4Fに示すように、螺子転造ダイス1の転写パターン4（図4A～図254Fに実線で示す。）は、並目螺子を丸ダイスの表面に展開した基準の螺子山となる並目螺子山の一部（以下、「並目螺子山部」と称す。）5と、この並目螺子山の谷

部 5 a に周期的に形成された付加的な突起 6 とにより構成されている。突起 6 は、展開した並目螺子山の元の並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち、並目螺子よりもピッチの小さい細目螺子を展開した細目螺子山(図 4 A～図 4 F に点線(想像線) 6 a で示す。)と並目螺子山との位相ずれ 7 に応じて周期的な形状に形成されたものである。

ここで、並目螺子と細目螺子のピッチの比を a 対 b (但し、a と b は最小の整数比。図示例では 2 対 1 としている。) とすると、突起 6 は、細目螺子を展開したときに並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の b 巻き(図示例では 1 巻き)ごとに周期的に現れる細目螺子山の一部となる。図 4 A～図 4 F に示すように、想像線 6 a で示す細目螺子山は、並目螺子山との位相ずれ 7 によって、この並目螺子山から突出した部分のみが、付加的な突起 6 として現れている。すなわち、突起 6 は、細目螺子山そのものではなく、位相ずれ 7 に応じてずれた分だけ細目螺子山の想像線 6 a に対応するように、並目螺子山に対して付加的に突出させた突起である。並目螺子山部 5 は、螺子転造ダイス 1 の表面に現れている細目螺子山の一部(突起 6 の表面)を除く部分である。

また、図 4 A～図 4 F に示す例では、基準となる並目螺子山の谷部 5 a の谷底 5 b と、突起 6 に対応させた細目螺子山の想像線 6 a の谷底 6 b との位置を一致させているが、これに限るものではない。

例えば、本実施形態における螺子転造ダイス 1 により製造された二重螺子ボルト(図示せず。)の並目螺子山に並目ナットを螺合させると、螺子転造ダイス 1 の突起 6 の分だけ接触面積が減ることになるが、突起 6 に対応させた細目螺子山の想像線 6 a の谷底 6 b の位置を図 4 A～図 4 F の下方へ移動させることにより、二重螺子ボルトの並目螺子山と並目ナットとの接触面積を増やすことができる。

なお、通常の螺子転造ダイスであれば、その表面に並目螺子山または細目螺子山のいずれか一方のみが形成されているため、並目螺子ナットまたは細目螺子ナットを嵌めることができる。しかし、本実施形態における螺子転造ダイス 1 の場合、並

目螺子ナットおよび細目螺子ナットを嵌めようとしても嵌らない。螺子転造ダイス 1 の表面に、特許文献 1 に記載のように従来の並目螺子山と細目螺子山とが一体に形成されたもの（具体的な構造は明らかでないが）ではなく、並目螺子山部 5 との並目螺子山部 5 の元の並目螺子山の谷部 5 a に周期的な形状の突起 6 とが形成されたものだからである。

上記構成の二重螺子ボルトの製造装置を用いて二重螺子ボルトを製造するには、円柱状のワーク 3 をボルト支持部 2 上に配置し、このワーク 3 を一対の螺子転造ダイス 1 間に押圧させ、一対の螺子転造ダイス 1 をそれぞれ同一方向（例えば、図 1 に矢印で示すように右回り）に回転させる。これにより、ワーク 3 の外周表面上に 10 並目螺子山の一部および細目螺子山の一部が一工程で一度に転写され、並目螺子部の一部と細目螺子部の一部とが形成された二重螺子ボルトが得られる。

こうして得られた二重螺子ボルトの外周表面には、図 4 A～図 4 F の螺子転造ダイス 1 の転写パターン 4 の逆パターンの溝（並目螺子山部 5 および突起 6 に相当する溝）が形成されている。

15 得られた二重螺子ボルトは、従来の切削により形成した二重螺子ボルトと同様、並目螺子山が形成されたうえで、細目螺子山がえぐり取られた状態のものとなる。したがって、得られた二重螺子ボルトには並目螺子ナットと細目螺子ナットとを嵌めることができる。

なお、二重螺子ボルトは、この二重螺子ボルトの並目螺子山の谷部に並目螺子ナットの並目螺子山の山部を嵌合させ、この二重螺子ボルトの並目螺子山の山部に形成された細目螺子山の谷部に細目螺子ナットの細目螺子の山部を嵌合させるものであるため、並目螺子山の山頂の半径方向位置と細目螺子山の山頂の半径方向位置とが常に一致するように形成するのが一般的である。このような二重螺子ボルトを製造するための螺子転造ダイスの突起は、細目螺子を展開したときの谷底の位置が 20 並目螺子山の谷底の位置と一致するように細目螺子を展開し、並目螺子山との位相 25 ずれに応じて並目螺子山の 1 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山の一部からな

る。以下、このような突起を有する螺子転造ダイスを「標準ダイス」と称す。

図 5 A、図 5 B は、それぞれ図 4 A、図 4 D の一部拡大図である。図 5 A、図 5 B に示すように標準ダイスの周期的に変化する溝の深さは、並目螺子山の谷底 5 b の位置と突起 6 を形成するために展開した細目螺子の細目螺子山 6 a の谷底 6 b の位置とが互いに最もよく重なり合う部分 (A-A 線断面) で最も深く、両者の位置が最もずれている部分 (D-D 線断面) で最も浅くなっている。このため、標準ダイスで二重螺子ボルトを転造する場合、加工の最終段階における工具とワーク 3 の転がりピッチ (工具とワーク 3 が転がり接触する位置) 円の径は、ワーク 3 からみると A-A 線断面部分で最も大きく、D-D 線断面部分で最も小さくなる。

この結果、その加工時点 (すなわち加工の最終なじみ段階) ではワーク 3 の回転中心位置は常に変動し、激しいびびり振動、騒音の原因となる。このびびり振動の程度によっては、精度不良を引き起こし、工具寿命を著しく縮め、製造装置にも悪影響を及ぼす可能性がある。また、この標準ダイスでは、各断面での溝部の断面積が異なる (すなわち、A-A 線断面で最も大きく、D-D 線断面で最も小さい。)

ため、各断面における溝部への材料充填率に差が生じ、特に加工終期においては、溝部への材料の充填率が高いため、余剰材料の逃げ場がなくなる。これもびびり振動等の問題の原因となる。

そこで、本実施形態において、突起 6 は、細目螺子を展開したときの谷底 6 b が並目螺子山の谷底 5 b よりも高い位置となるように細目螺子を展開したときに、並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の b 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山 6 a の一部としたものであることが望ましい。このとき、図 6 A、図 6 B に示すように、展開する細目螺子は、標準規格よりも 5 ~ 50 % 谷深さの浅い細目螺子とし、この浅くした分 d h だけこの細目螺子を展開したときの谷底 6 b が並目螺子山の谷底 5 b よりも高い位置となるようにする。

あるいは、図 7 A、図 7 B に示すように、展開する細目螺子は、並目螺子山の谷底 5 b の位置と突起 6 を形成するために展開した細目螺子の細目螺子山 6 a の谷

底 6 b の位置とが互いに最もよく重なり合う部分 (A—A線断面) では標準規格よりも 5~50% 谷深さの浅い細目螺子となり、両者の位置が最もずれている部分 (D—D線断面) では標準規格の谷深さとなるように滑らかに変化するものとする。

- これらの修正を加えた螺子転造ダイスを用いて二重螺子ボルトを転造した場合、
5 標準ダイスを用いて転造する場合と比べて、A—A線断面における転がりピッチ円
径が、細目螺子を展開したときの谷底 6 b の深さを浅くした分 d h の約半分ワーク
3 の内側に移動し、その分だけ D—D 線断面における転がりピッチ円径に近づく。
そのため、加工終期における転がりピッチ円径の変動が減少し、ワーク 3 の回転中
心位置の変動が軽減される。また、A—A 線断面の溝部の断面積が D—D 線断面積
10 の溝部の断面積に近づくため、各断面の溝部の材料充填率がより均等に近くになり、
びびり振動を大幅に抑制することができる。

- 一方、このような修正を加えた螺子転造ダイスを用いて転造した二重螺子ボルト
では、当然ながら細目螺子部の山高さが (特に、A—A 線断面に相当する部分で)
標準規格のものより低くなる。しかしながら、二重螺子ボルトはその並目螺子部で
15 締め付け力のほとんどを得るため、これにより静的強度や動的疲労強度が損なわれ
ることはほとんどなく、また十分な緩み止め効果も発揮できる。

- ところで、上記のように修正を加えた螺子転造ダイスを用いて二重螺子ボルトを
転造した場合、標準ダイスを用いた転造におけるびびり振動等の問題は解決できる
が、製造された二重螺子ボルトは細目螺子部の山高さが標準規格のものよりも低く
20 なる。しかし、細目螺子部の強度、細目螺子ナットの掛かり具合あるいは商品性を
考える場合、細目螺子部の山高さの完全性が求められる場合もある。

- この場合、螺子転造ダイスは、図 8 A、図 8 B に示すように、突起 6 として現れ
た細目螺子山 6 a の一部の谷底 6 b にさらに切り込んだ溝 6 c を備えたものとす
る。この溝 6 c の深さ d v は、細目螺子山 6 a の高さの 3~10% である。このよ
うな螺子転造ダイスにより二重螺子ボルトを転造する場合、溝 6 c がダッシュポシ
トの役目を果たし、螺子転造ダイスの溝部へワーク 3 が完全に充填されなくても、

標準高さの細目螺子山を有する二重螺子ボルトを製造することができる。これにより、完全充填が一つの要因となって発生する加工終期のびびり振動を抑制することもできる。

(実施の形態 2)

5 図 9 は本発明の第 2 実施形態における二重螺子ボルトの製造装置を示す概略図である。

図 9 に示すように、本実施形態における二重螺子ボルトの製造装置は、所定間隔で対向配置した一対の螺子転造ダイス 8 を備える。一対の螺子転造ダイス 8 の一方を固定し他方を平行移動可能に配設するか、または相互に反対方向に平行移動可能 10 に配設する。

螺子転造ダイス 8 は、平板状のダイス（平ダイス）の片面に二重螺子ボルト形成用の転写パターン 9 を形成したものである。転写パターン 9 は、第 1 実施形態における転写パターン 4 と同様のものを平面に展開したものである。

このような二重螺子ボルトの製造装置を用いて二重螺子ボルトを製造するには、 15 一対の螺子転造ダイス 8 間に円柱状のワーク 3 を押圧させ、一方の螺子転造ダイス 8 を他方の螺子転造ダイス 8 と平行を維持したまま平行移動させるか、または互いに逆方向に平行移動させる。これにより、第 1 実施形態と同様に、ワーク 3 の外周表面上に並目螺子山の一部および細目螺子山の一部が一工程で一度に転写され、並目螺子部の一部と細目螺子部の一部とが形成された二重螺子ボルトが得られる。

20 (実施の形態 3)

図 10 A、図 10 B、図 10 C、図 10 D、図 10 E、図 10 F は、本発明の第 3 実施形態における三重螺子ボルト用の螺子転造ダイス 10 の断面図である。螺子転造ダイス 10 の外周には、製造する三重螺子ボルトに対応する転写パターンが 1 周につき 16 個分繰り返して形成されており、図 10 A～図 10 F は、螺子転造ダイス 10 の外周の断面を 3.75° 間隔で示した図である。

図 10 A～図 10 F に示すように三重螺子ボルト用の螺子転造ダイス 10 では、

さらに、並目螺子山部 5 および突起 6 により形成される谷部 1 1 に、展開した並目螺子山の元の並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち、突起 6 を形成する元となつた細目螺子よりもさらにピッチの小さい最細目螺子（但し、並目螺子と細目螺子と最細目螺子のピッチの比は a 対 b 対 c とし、a と b と c は最小の整数比とする。図 5 示例では 4 対 2 対 1 としている。）を展開したときに、並目螺子山部 5 および突起 6 との位相ずれに応じて並目螺子山の c 巻き（図示例では 1 巻き）ごとに周期的に現れる最細目螺子山（図 10 A～図 10 F に点線（想像線）1 2 a で示す。）の一部からなる突起 1 2 を有する。

図 10 A～図 10 F に示すように、細目螺子山 6 a は並目螺子山から突出した部分のみが付加的な突起 6 として現れている。さらに、この螺子転造ダイス 10 では、最細目螺子山 1 2 a が、この突起 6 から突出した部分のみ付加的な突起 1 2 として現れている。突起 1 2 は、最細目螺子山そのものではなく、並目螺子山部 5 および突起 6 との位相ずれに応じてずれた分だけ最細目螺子山の想像線 1 2 a に対応するように、並目螺子山部 5 および突起 6 に対してさらに付加的に突出させた突起で 15 ある。

なお、図示していないが、n 重螺子ボルトを転造する場合には、並目螺子を展開した並目螺子山の一部と、この並目螺子山の谷部に並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる一つまたは複数の細目螺子（但し、並目螺子と一つまたは複数の細目螺子のピッチの比は a 対・・・対 20 n とし、a, ···, n は最小の整数比とする。）をそれぞれ展開したときに並目螺子山との位相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山の一部からなる突起とを有する螺子転造ダイスを用いればよい。

なお、この n 重螺子ボルトを転造する螺子転造ダイスにおいても、第 1 実施形態における螺子転造ダイスと同様に修正を加えることが可能である。谷深さに修正を 25 加える場合には、最もピッチの小さい細目螺子を展開したときの谷底が並目螺子山の谷底よりも高い位置となるように細目螺子を展開したときに、並目螺子山との位

相ずれに応じて並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山の一部となるようにすればよい。

(実施例 1)

上記本発明の第 1 実施形態における二重螺子ボルトの製造装置を用いて二重螺子がボルトに転写されるメカニズムについて解析した。図 1 1 A～図 1 1 H、図 1 2 A～図 1 2 H、図 1 3 A～図 1 3 H は、それぞれ図 3 の A-A 線断面、B-B 線断面、D-D 線断面での材料流動の様子を示した図である。なお、図 1 1 A～図 1 1 H、図 1 2 A～図 1 2 H、図 1 3 A～図 1 3 Hにおいて、A～H は、一対の螺子転造ダイス 1 を同一方向に回転させながら、互いの間の距離を連続的に狭めていったときの様子を、約 0.1～0.2 mm ステップで最終的に螺子転造ダイス 1 がワーク 3 に約 1 mm 押し込まれた状態まで示したものである。

図 1 1 A～図 1 1 H、図 1 2 A～図 1 2 H、図 1 3 A～図 1 3 H に示すように、螺子転造ダイス 1 がワーク 3 に徐々に押し込まれるに連れて、ワーク 3 は、まず螺子転造ダイス 1 の並目螺子山部 5 の表面に沿って塑性変形しながら並目螺子山の谷部 5 a を埋めていった。そして、途中まで埋めたところで、今度は並目螺子山に付加的に突出した突起 6 の表面に沿って塑性変形しながら、谷部 5 a を埋めていった。これにより、並目螺子部の一部と細目螺子部の一部とが形成された二重螺子ボルトが得られた。

(実施例 2)

上記本発明の第 1 実施形態において修正を加えた螺子転造ダイスと標準ダイスによる二重螺子ボルト製造の比較試験を行った。表 1 は、呼び径 M1.2 と M1.6 の二種類について、それぞれ細目螺子山の谷底 6 b の深さを変化させた場合と溝 6 c の深さを変化させた場合の加工中のびびり振動と騒音について測定した結果である。なお、M1.2 の二重螺子ボルトの製造に用いた螺子転造ダイスのピッチ比は 1.75 対 0.875、M1.6 については 2 対 1 である。

表 1

螺子転造ダイス種類	谷底深さ	溝深さ	びびり振動	騒音
標準ダイス	0 %	0 %	大	大
修正ダイス 1	5 %	0 %	中	中
修正ダイス 2	10 %	0 %	小	低
修正ダイス 3	20 %	0 %	無し	低
修正ダイス 4	40 %	0 %	無し	低
修正ダイス 5	0 %	5 %	中	中
修正ダイス 6	0 %	10 %	中	中

表 1 から分かるように、細目螺子山の谷底 6 b の深さを変化させて修正した螺子転造ダイスでは、谷底 6 b の深さを標準規格の細目螺子山に対して 5 % から 40 % まで浅くしたときに、浅くすればするほど加工時のびびり振動および騒音が低減された。一方、溝 6 c の深さを変化させて修正した螺子転造ダイスでは、溝 6 c の深さを標準規格の細目螺子山高さの 5 % と 10 % とした場合に、加工時のびびり振動および騒音の改善が確認された。

なお、これらの螺子転造ダイスは、すべて米国航空規格 N A S 3 3 5 4 振動試験法による緩み試験に合格した。また、アムスラー式引張強度試験法による静的強度試験および油圧サーボ式試験法による動的強度試験において、標準螺子ボルトと同等の能力を備えていることが確認できた。

産業上の利用可能性

本発明は、緩み防止機能を有する多重螺子ボルトを転造により製造する場合に有用である。

請 求 の 範 囲

1. 螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造方法において、

前記螺子転造ダイスのうち少なくとも一つが、並目螺子を展開した並目螺子山の

5 山部と、前記並目螺子山の谷部に前記並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記
並目螺子よりもピッチの小さい細目螺子（但し、前記並目螺子と前記細目螺子のピ
ッヂの比は a 対 b であり、 a と b は最小の整数比である。）をその谷底が前記並目
螺子山の谷底よりも高い位置となるように展開したときに前記並目螺子山との位
相ずれに応じて前記並目螺子山の b 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山に対応
10 する突起とを有することを特徴とするボルトの製造方法。

2. 螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造方法において、

前記螺子転造ダイスのうち少なくとも一つが、並目螺子を展開した並目螺子山の
山部と、前記並目螺子山の谷部に前記並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記
並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる一つまたは複数の細目螺子（但
15 し、前記並目螺子と前記一つまたは複数の細目螺子のピッチの比は a 対 \dots 対 n
であり、 a, \dots, n は最小の整数比である。）をそれぞれ展開したとき（但し、最
もピッチの小さい細目螺子についてはその谷底が前記並目螺子山の谷底よりも
高い位置となるように展開したとき）に前記並目螺子山との位相ずれに応じて前記
並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山に対応する突起
20 とを有することを特徴とするボルトの製造方法。

3. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格
の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものであることを特徴とする請求
の範囲第 1 項記載のボルトの製造方法。

4. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格
25 の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものであることを特徴とする請求
の範囲第 2 項記載のボルトの製造方法。

5. 螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造装置において、
前記螺子転造ダイスのうち少なくとも一つが、並目螺子を展開した並目螺子山の
山部と、前記並目螺子山の谷部に前記並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記
並目螺子よりもピッチの小さい細目螺子（但し、前記並目螺子と前記細目螺子のピ
5 ッチの比は a 対 b であり、 a と b は最小の整数比である。）をその谷底が前記並目
螺子山の谷底よりも高い位置となるように展開したときに前記並目螺子山との位
相ずれに応じて前記並目螺子山の b 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山に対応
する突起とを有するものであることを特徴とするボルトの製造装置。
6. 螺子転造ダイスにボルト材料を押し付けて転造するボルトの製造装置において、
10 前記螺子転造ダイスのうち少なくとも一つが、並目螺子を展開した並目螺子山の
山部と、この並目螺子山の谷部に前記並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記
並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる一つまたは複数の細目螺子（但
し、前記並目螺子と前記一つまたは複数の細目螺子のピッチの比は a 対 \dots 対 n
であり、 a, \dots, n は最小の整数比である。）をそれぞれ展開したとき（但し、
15 最もピッチの小さい細目螺子についてはその谷底が前記並目螺子山の谷底よりも
高い位置となるように展開したとき）に前記並目螺子山との位相ずれに応じて前記
並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山に対応する突起
とを有するものであることを特徴とするボルトの製造装置。
7. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格
20 の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものであることを特徴とする請求
の範囲第 5 項記載のボルトの製造装置。
8. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格
の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものであることを特徴とする請求
の範囲第 6 項記載のボルトの製造装置。
- 25 9. 並目螺子を展開した並目螺子山の山部と、前記並目螺子山の谷部に前記並目
螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記並目螺子よりもピッチの小さい細目螺子（但

し、前記並目螺子と前記細目螺子のピッチの比は a 対 b であり、a と b は最小の整数比である。) をその谷底が前記並目螺子山の谷底よりも高い位置となるように展開したときに前記並目螺子山との位相ずれに応じて前記並目螺子山の b 巻きごとに周期的に現れる細目螺子山に対応する突起とを有する螺子転造ダイス。

- 5 10. 並目螺子を展開した並目螺子山の山部と、前記並目螺子山の谷部に前記並目螺子と同一方向のつる巻き線を持ち前記並目螺子よりもピッチが小さくかつピッチが異なる複数の細目螺子（但し、前記並目螺子と前記複数の細目螺子のピッチの比は a 対 ··· 対 n であり、a, ···, n は最小の整数比である。）をそれぞれ展開したとき（但し、最もピッチの小さい細目螺子についてはその谷底が前記並目螺子山の谷底よりも高い位置となるように展開したとき）に前記並目螺子山との位相ずれに応じて前記並目螺子山の n 巻きごとに周期的に現れるそれぞれの細目螺子山に対応する突起とを有する螺子転造ダイス。

11. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものである請求の範囲第 9 項記載の螺子転造ダイス。

12. 前記細目螺子を展開したときの谷底は、前記並目螺子山の谷底よりも標準規格の細目螺子山高さの 5 ~ 50 % 高い位置としたものである請求の範囲第 10 項記載の螺子転造ダイス。

13. 請求の範囲第 9 項記載の螺子転造ダイスに対し、ボルト材料を押し付けて転造した多重螺子ボルト。

14. 請求の範囲第 10 項記載の螺子転造ダイスに対し、ボルト材料を押し付けて転造した多重螺子ボルト。

15. 請求の範囲第 11 項記載の螺子転造ダイスに対し、ボルト材料を押し付けて転造した多重螺子ボルト。

25 16. 請求の範囲第 12 項記載の螺子転造ダイスに対し、ボルト材料を押し付けて転造した多重螺子ボルト。

1/12

FIG. 1

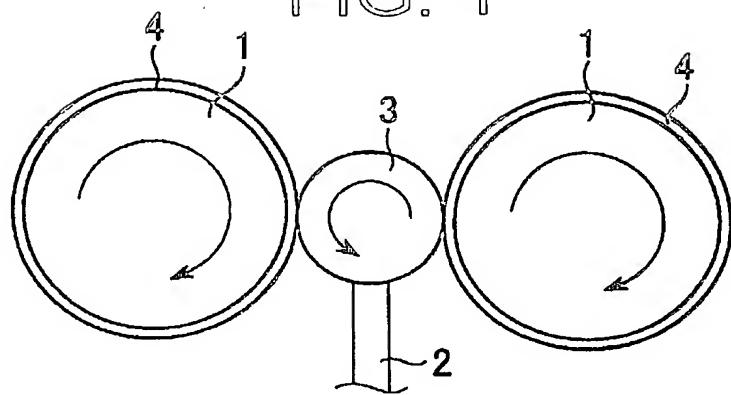
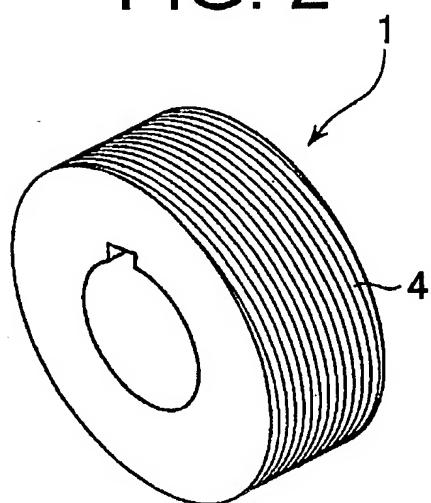
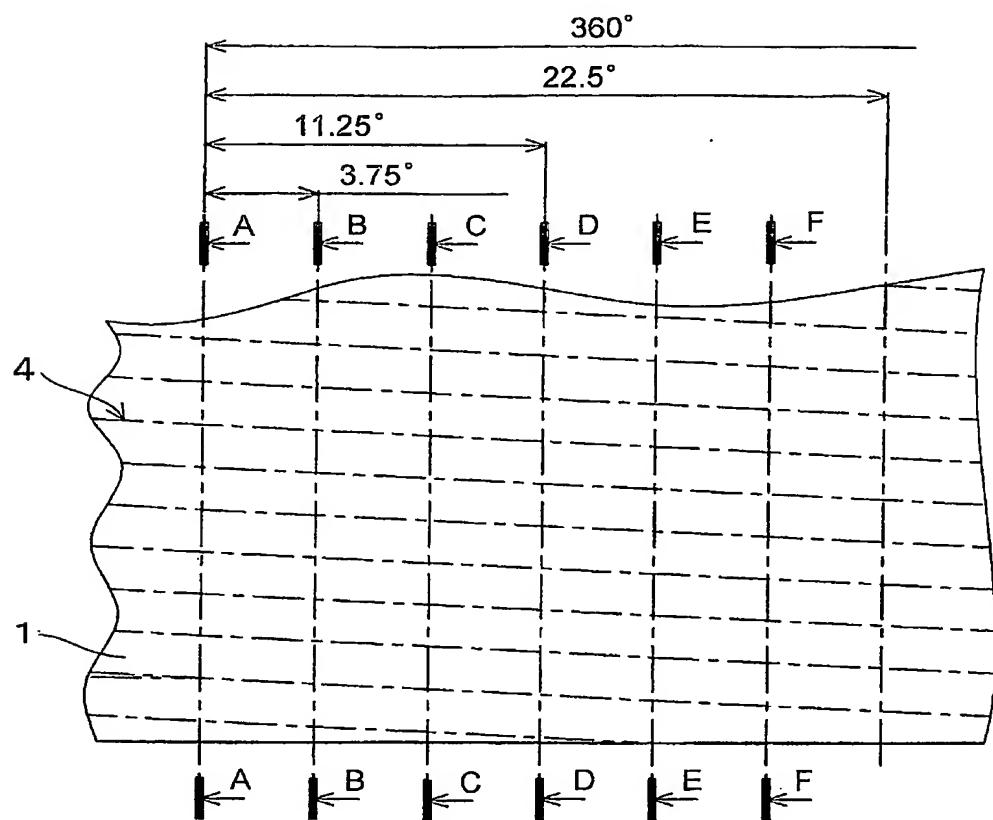


FIG. 2

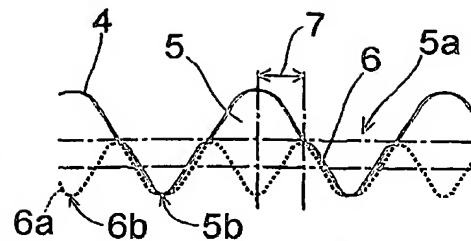
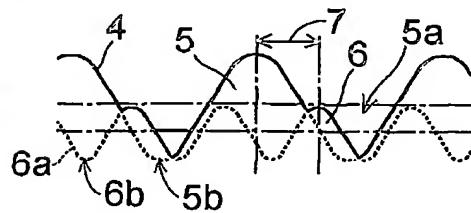
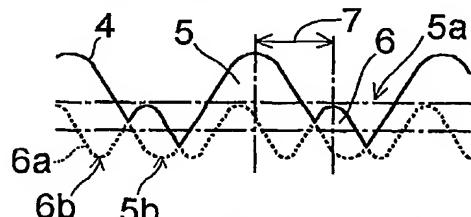
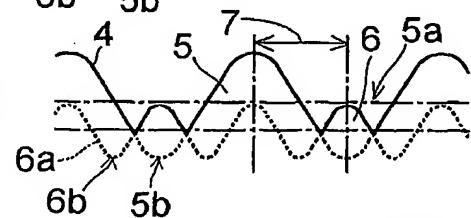
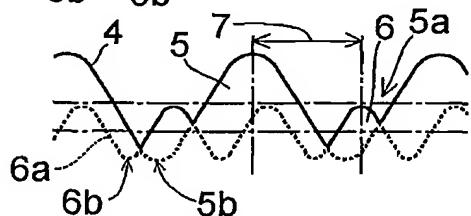
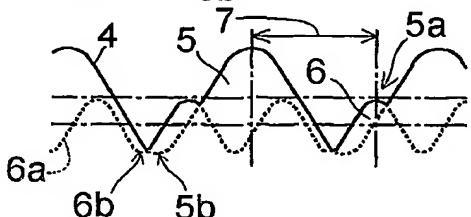


2/12

FIG. 3



3/12

FIG. 4A**FIG. 4B****FIG. 4C****FIG. 4D****FIG. 4E****FIG. 4F**

4 / 12

FIG. 5A

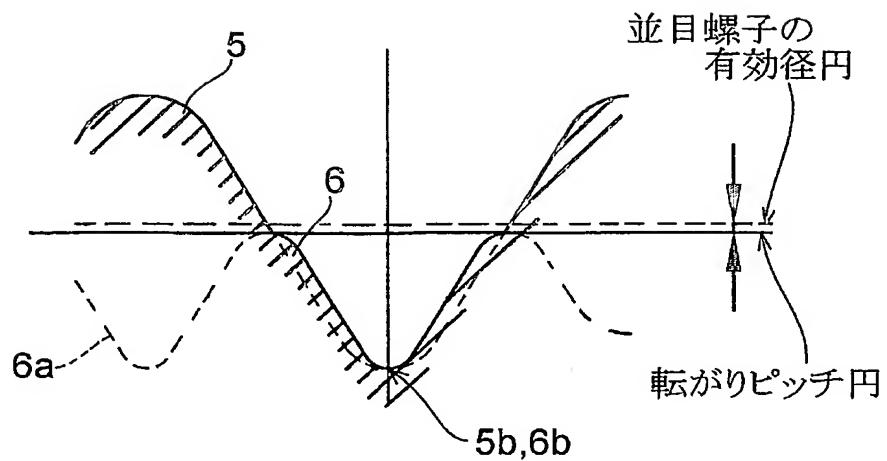
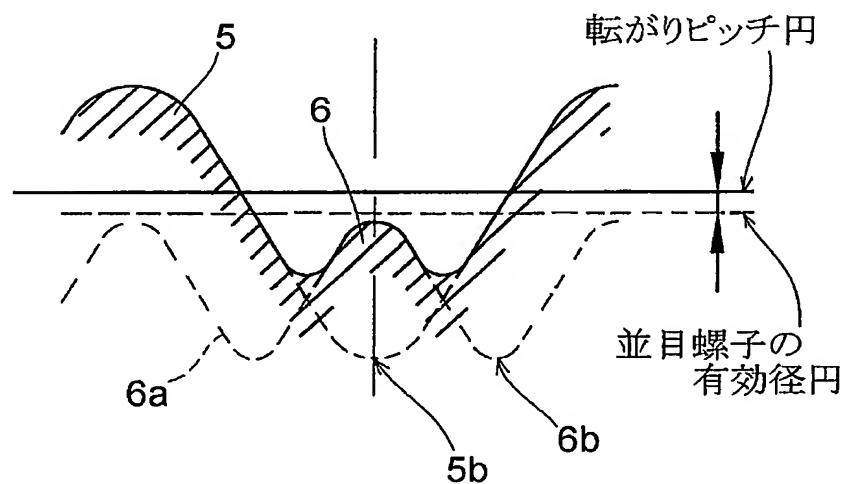


FIG. 5B



5/12

FIG. 6A

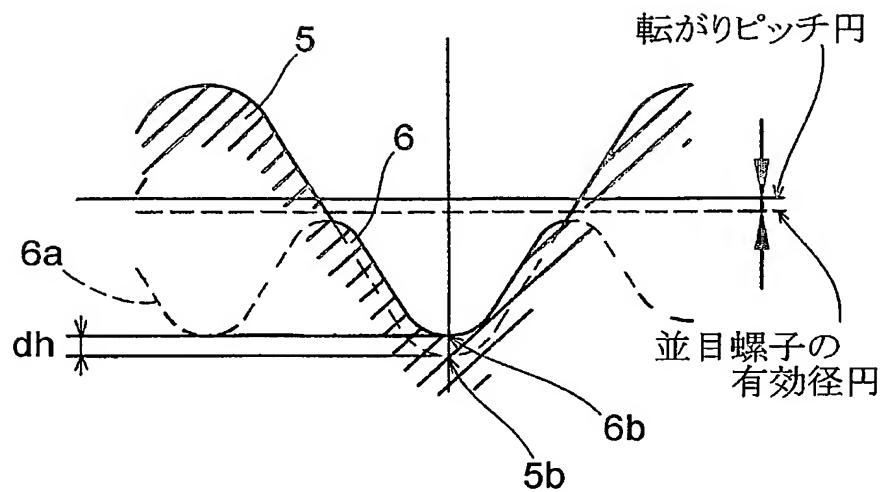
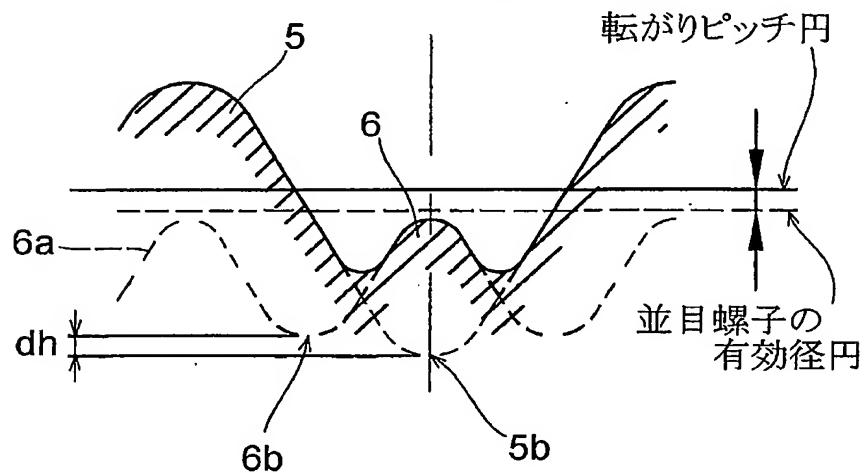


FIG. 6B



6/12

FIG. 7A

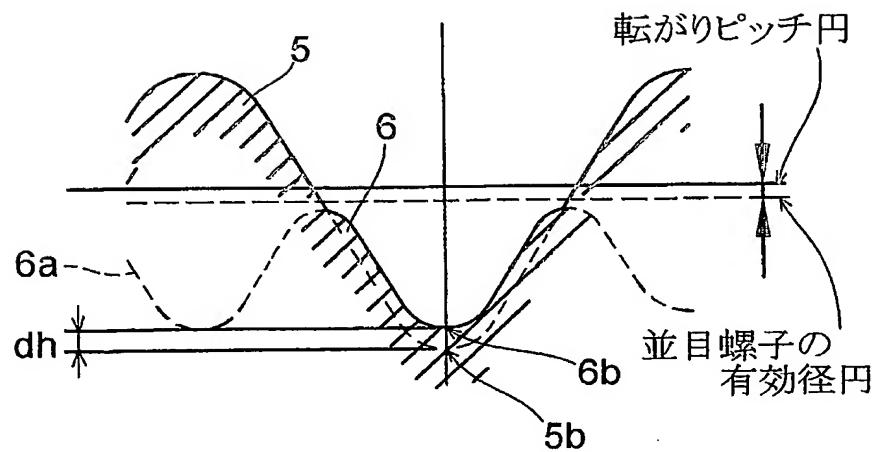
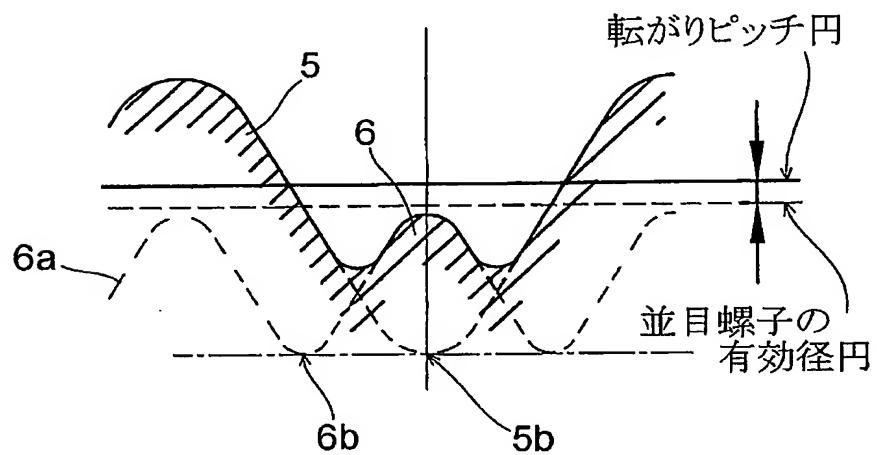
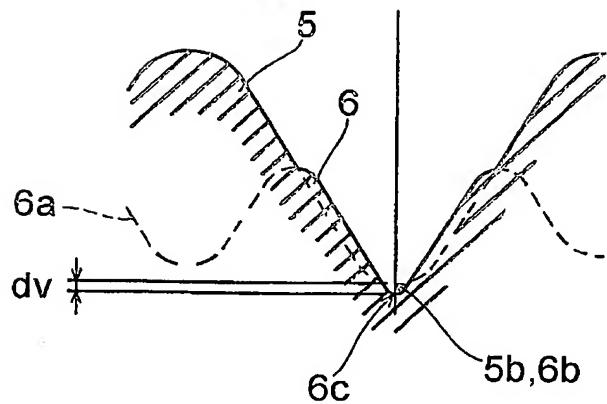
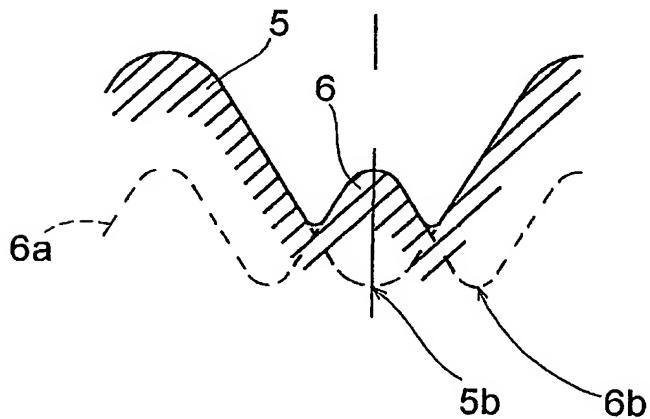


FIG. 7B

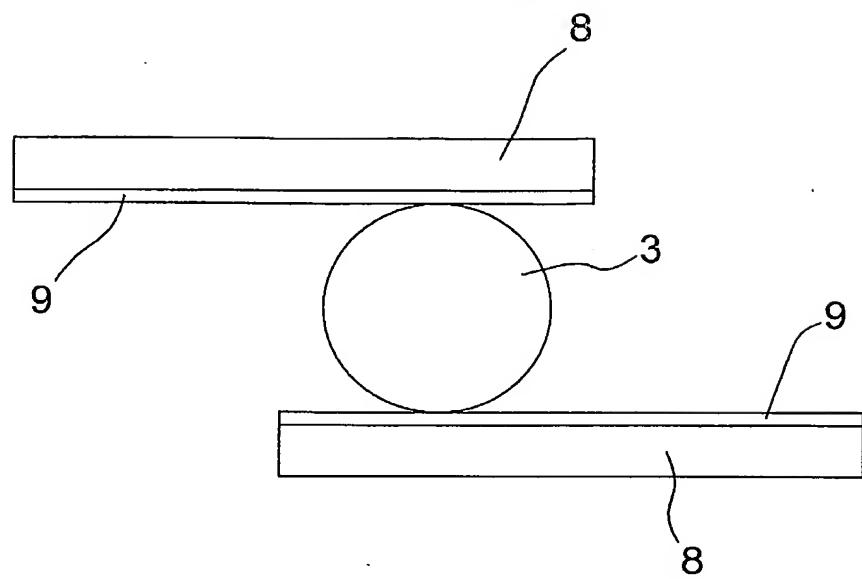


7/12

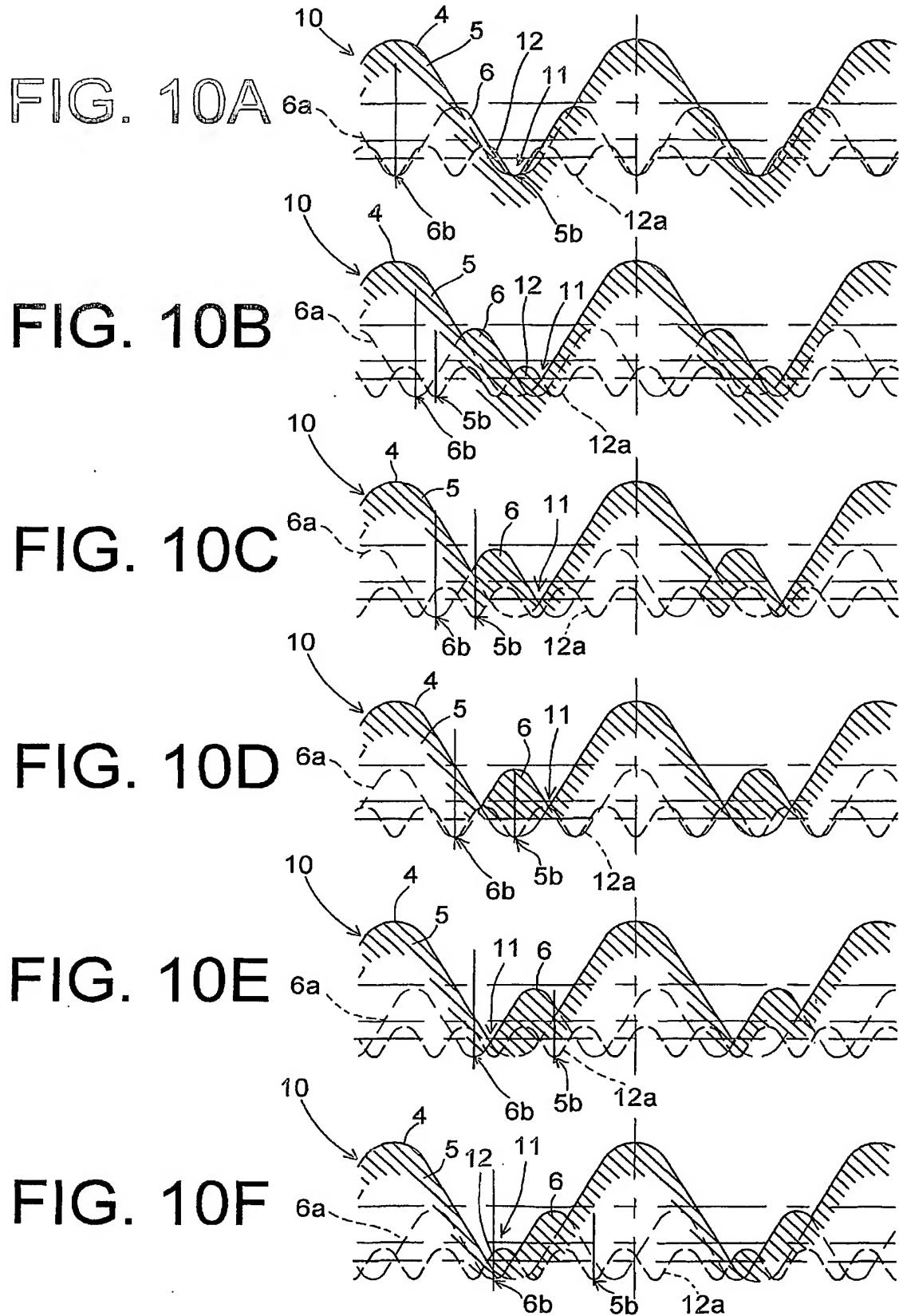
FIG. 8A**FIG. 8B**

8/12

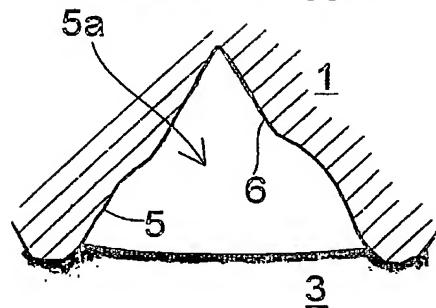
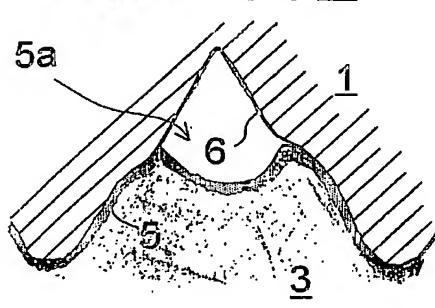
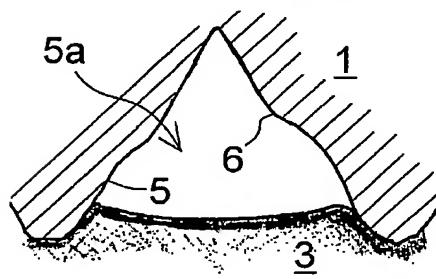
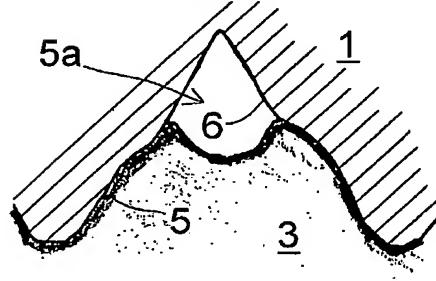
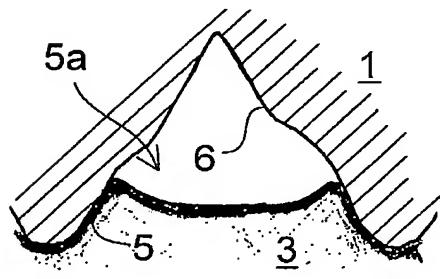
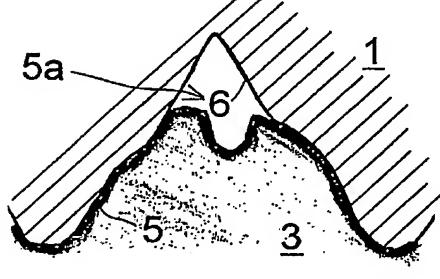
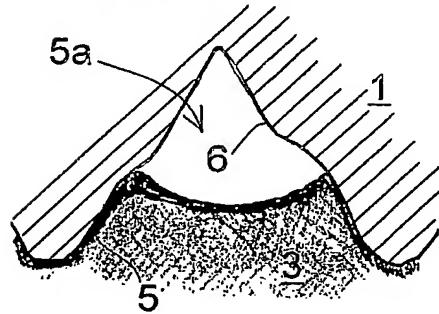
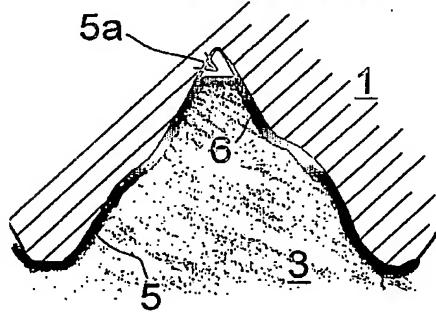
FIG. 9



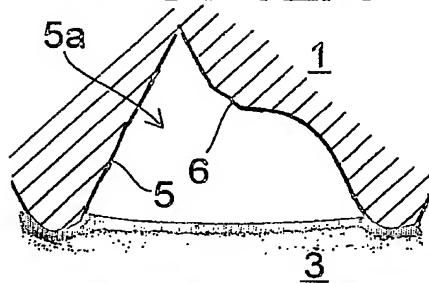
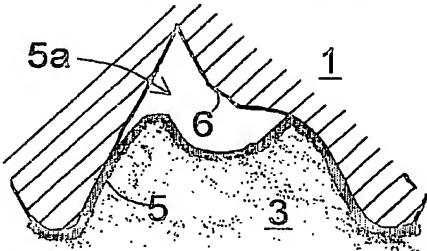
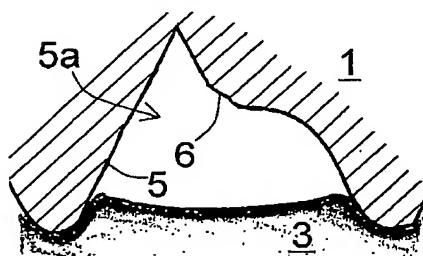
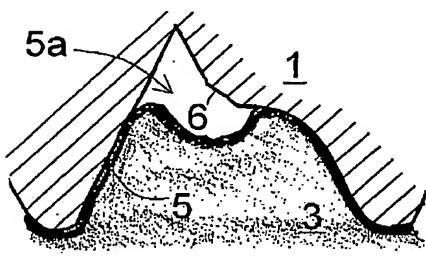
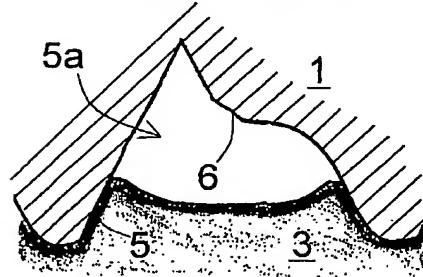
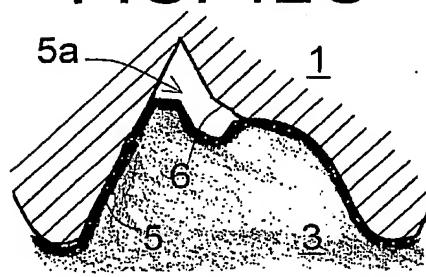
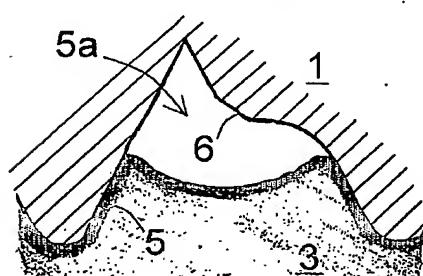
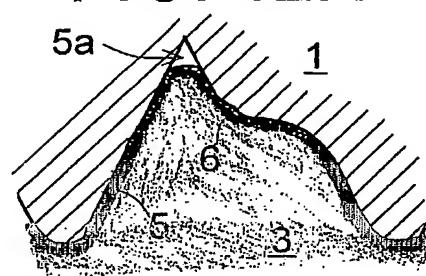
9/12



10/12

FIG. 11A**FIG. 11E****FIG. 11B****FIG. 11F****FIG. 11C****FIG. 11G****FIG. 11D****FIG. 11H**

11/12

FIG. 12A**FIG. 12E****FIG. 12B****FIG. 12F****FIG. 12C****FIG. 12G****FIG. 12D****FIG. 12H**

12/12

